

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-068710
 (43)Date of publication of application : 09.03.1999

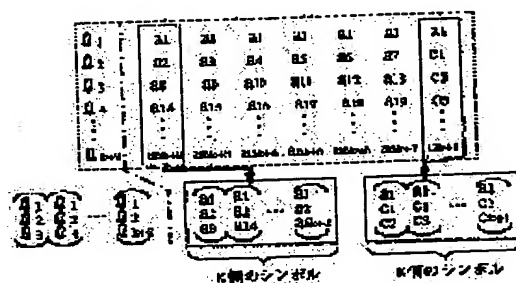
(51)Int.Cl. H04L 1/00
 H03M 13/12
 H04L 27/00
 H04L 27/38
 H04L 27/22

(21)Application number : 09-228839 (71)Applicant : YUSEISHO TSUSHIN SOGO
 KENKYUSHO
 (22)Date of filing : 11.08.1997 (72)Inventor : RI KANHO

(54) NONUNIFORM ERROR PROTECTING SYSTEM BASED ON MULTIPLEX BLOCK CODING MODULATION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To apply easily good BER characteristics to the bit of high importance among data bits to be transmitted, and to improve entire transmission quality by using multiplex block coding modulation capable of setting a bit error rate corresponding to the importance of data bits.
 SOLUTION: When generating the bit matrix and 8-PSK signals of a coder using 8-PSK signal point arrangement, (k) symbols are allocated to one branch of a trreris, for example. Lateral columns are called code level and labeled as 11, 12,..., 1k+2 successively from the top. One of longitudinal columns corresponds to one branch of a compound trreris drawing. When placing the bits of the high importance on the levels 11 and 12 and the bits of the low importance on the other levels, as the bits of the high importance required for providing the same $BER=10^{-4}$, a little E_b/N_0 higher than about 3.4dB are enough. In this case, the E_b/N_0 is the S/N per data bit.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 11.08.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3051914

[Date of registration] 07.04.2000

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-68710

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

H 0 4 L 1/00

H 0 4 L 1/00

F

H 0 3 M 13/12

H 0 3 M 13/12

H 0 4 L 27/00

H 0 4 L 27/00

B

27/38

G

27/22

27/22

A

審査請求 有 請求項の数 6 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平9-228839

(22) 出願日

平成9年(1997) 8月11日

(71) 出願人 391027413

郵政省通信総合研究所長

東京都小金井市貫井北町4丁目2番1号

(72) 発明者 李 還帮

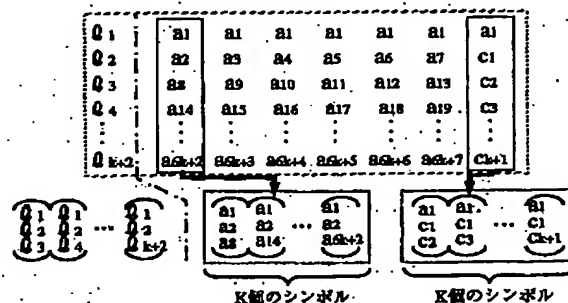
東京都小金井市貫井北町4-2-1 郵政
省通信総合研究所内

(54) 【発明の名称】 多重ブロック符号化変調に基づく不均一誤り保護方式

(57) 【要約】

【課題】 多重ブロック符号化変調に基づく不均一誤り保護方式を提供する。

【解決手段】 デジタル信号伝送の変復調方式において、多重ブロック符号化変調方式を用い、多重ブロック符号化変調方式の各符号レベルの最小2乗ユークリッド距離が異なるアプローチより得られていることを利用して、1通りの符号・復号過程において不均一誤り保護を作り出すものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 無線か若しくは有線のデジタル信号伝送において、伝送されるデータビットが異なる重要度を有することから、データビットの重要度に応じたビット誤り率を設定できる多重ブロック符号化変調を用いることを特徴とする多重ブロック符号化変調に基づく不均一誤り保護方式。

【請求項 2】 多重ブロック符号化変調の各符号レベルにおけるビット誤り率特性（以下BERと略す）は異なるアプローチにより得られていることを利用して、BERを特徴付ける最小2乗ユークリッド距離（以下MSEDと略す）に対し、各符号レベルにおいて異なる値を設定したことを特徴とする請求項1に記載の多重ブロック符号化変調に基づく不均一誤り保護方式。

【請求項 3】 重要度の高いデータビットのMSEDを増大させる一方で、重要度の低いデータビットのMSEDを損なわないことを特徴とする請求項1乃至請求項2の何れかに記載の多重ブロック符号化変調に基づく不均一誤り保護方式。

【請求項 4】 従来の変調方式の信号点配置を変化させることを併用し、重要度の低いデータビットのMSEDを低減させることによって、重要度の高いデータビットのMSEDを増大させることを特徴とする請求項1乃至請求項2の何れかに記載の多重ブロック符号化変調に基づく不均一誤り保護方式。

【請求項 5】 多重ブロック符号化変調に対して、符号構成に対応するトレリス線図に基づくビタビ復号を行うことを特徴とする請求項1乃至請求項4の何れかに記載の多重ブロック符号化変調に基づく不均一誤り保護方式。

【請求項 6】 8-PSK信号点配置等を用いたときに、多重ブロック符号化変調の多重数（1ブランチに割り当てられたシンボルの数）に依らず、復調トレリス線図の状態数が一定であることを特徴とする請求項1乃至請求項5の何れかに記載の多重ブロック符号化変調に基づく不均一誤り保護方式。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、デジタル信号による無線・有線伝送のデジタル変復調技術に関し、より詳しくは、伝送されるデータビットの重要度が異なることに注目して、不均一誤り保護を提供することによって伝送品質を高めるデジタル信号伝送の変復調技術に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、デジタル信号伝送において伝送されるデータビットに等しい誤り率特性を与えて伝送を行っている。この場合、伝送路での何らかの障害によって伝送路の提供できる信号対雑音比が所要値に以下に落ちると、伝送するデータビットに許容することので

きない大きな誤り率が生じ、伝送品質は一遍に大きく劣化してしまうという問題があった。

【0003】 一方、伝送されるデータビットは異なる重要度を有する。例えば、ATM伝送においてヘッドセルのデータは他のセルのデータよりも重要度が高い。重要度の高いデータビットに対してより良い誤り率特性を割り当てることによって、伝送品質は一遍に大きく劣化することが避けられ、全体の伝送品質の向上は図れるが、そこで、このような不均一誤り保護（以下UEPと略す）特性を提供できる方式の開発が必要となった。

【0004】 UEPの生成方法として、単に従来の信号点配置を変化させ、一部分のビットのMSEDを犠牲にすることにより、他の部分のビットのMSEDを大きくする方法がある。しかしこの方法では、もとの信号点配置のMSEDに制限され、重要度の高いデータビットのMSEDは十分に大きくできないか、重要度の低いデータビットのMSEDは過小になるか等の問題があった。

【0005】 トレリス符号化変調方式によるUEPの生成方法は上記の問題を緩和できる。一番単純な方法として、重要度の異なるデータビットに対して異なるトレリス符号化を施し、そして復号側ではそれぞれに対応した復号を行う。しかし明らかに、この方法では構造が複雑になるか冗長になってしまうという問題があった。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上記とは別に、1通りのトレリス符号・復号を用いてUEPを作り出す方法もある。しかしこれらのトレリス符号化変調方式に基づく方法において、復号側でのトレリスの打ち切り操作による可能な性能劣化を小さくするため、トレリスを相当の長期間に保持する必要があり、そのため、必要なメモリ容量が大きくなり、処理時間に起因する遅延も大きくならざるを得ない。

【0007】

【課題を解決するための手段】 本発明は上記に鑑み提案されたもので、デジタル信号伝送の変復調方式において、多重ブロック符号化変調を用い、多重ブロック符号化変調の各符号レベルのMSEDが異なるアプローチより得られていることを利用して、1通りの符号・復号過程においてUEPを作り出すことを特徴とするものである。

【0008】 本発明は、また、UEPを作り出すために用いる多重ブロック符号化変調方式に対して、トレリス線図によるビタビ復号を実現させたことを特徴とするものである。

【0009】 本発明は、更に、1通りの手法として、全ての伝送されるデータビットに対して、そのMSEDを多重符号化変調によってある一定値までに上げ、そしてこの値を劣化させずにデータビットの中の一部のビットに対して、そのMSEDを更に大きくすることを可能にしたことを特徴とするものである。

【００１０】本発明は、更に、もう１通りの手法として、従来の信号点配置を変化させることも併用して、多重ブロック符号化変調に基づくＵＥＰを作り出すことを特徴とするものである。

【0011】

【発明の実施の形態】図1に本発明の8-PSK信号点配置を用いた実施形態1の符号化器のビットマトリクスおよび8-PSK信号の生成法を示す。但し、これはトレリスの1ブランチにk個のシンボルが割り当てられているとしている。図において、横の列を符号レベルと呼び、上からの順で l_1 、 l_2 、…、 l_{k+2} でラベルされている。また、縦の1つの列は後で述べる復号トレリス線図の1ブランチと対応する。従って、縦の1つの列からk個のシンボルを構成する必要がある。このk個のシンボルは同図の下部に示すように、符号レベル l_1 と l_2 からの2ビットを共通ビットとして各自の先頭の2ビットに用い、そして3ビット目にそれぞれ l_3 、 l_4 、…、 l_{k+2} からのビットを用いる。

【0012】図1において、 a_1 、 a_2 、 \dots 、 a_{6k+7} はデータビットであり、 c_1 、 c_2 、 \dots 、 c_{k+1} はそれぞれ符号レベル13、14、 \dots 、 1_{k+2} におけるパリティ検査ビットである。検査ビットは次式に従う。

【0013】

【数 1】

$$\left. \begin{aligned} c_1 &= a_2 \oplus a_3 \oplus a_4 \oplus a_5 \oplus a_6 \oplus a_7 \\ c_2 &= a_8 \oplus a_9 \oplus a_{10} \oplus a_{11} \oplus a_{12} \oplus a_{13} \\ &\dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ c_{k+1} &= a_{6k+2} \oplus a_{6k+3} \oplus \dots \oplus a_{6k+7} \end{aligned} \right\}$$

但し、 \oplus は排他的論理和

【0014】各符号レベルにおけるMSEDはそれぞれのレベルの最小ハミング距離（以下MHDと略す）とセット分割の際にそのレベルと対応するサブセットのMSEDの積から得られる。ここで、符号レベル11と12のビットがk個のシンボルで重複使用されていることから、レベルの総MHDがそのレベルの符号のMHDのk倍となる。従って、各符号レベルのMSEDは次式のよう
に計算できる。

【0015】

【数 2】

$$\left. \begin{aligned} d_E^1(\ell_1) &= 4 \times \sin^2(\pi/8) \times 7k \cong 4.1k \\ d_E^2(\ell_2) &= 2 \times 2k = 4.0k \\ d_E^2(\ell_3) &= d_E^2(\ell_4) = \dots = d_E^2(\ell_{i+1}) = 4 \times 2 = 8.0 \end{aligned} \right\}$$

【0016】従って、 $k > 2$ であれば、符号レベル13とその以下の符号レベルのMSE Dが大きい値に保持さ

れるまま、符号レベル 1_1 と 1_2 の MSE D を更に大きくすることができる。符号レベル 1_1 と 1_2 に含まれるビット、すなわち、MSE D が大きくなっているビットの全体のビットに占める割合 ($1/A$) は次式から計算される。

【0017】

【数 3】

$$I/A = \frac{7}{6k+7}$$

【0018】また、1シンボルあたりに載せられているデータビット数、すなわち、スループット（THR）は次式から計算される。

【0019】

【数4】

$$THR = \frac{6k+7}{7k} \quad (\text{bits/symbol})$$

【0020】実施形態1のもう1つの大きな特徴は、kの値に依らず全ての構成は8状態のトレリス線図によるビタビ復号が可能なことである。この8状態のトレリス線図を図2示す。図2において、A₁～A₄ およびB₁～B₄ はブランチ変数であり、その引数は8-PSKの8つの信号点(0、1、…、7)である。また、S₁～S₈ は8通りの状態を表し、それぞれ図の下部に示したブランチ変数に従う。

【0021】一方、図2の8状態のトレリス線図の各ブランチに含まれる並行パスの数(PARA)はkの値に従い、 $PARA=2^{k-1}$ となる。表1に $k=1\sim6$ までの各符号構成のレベル l_1 と l_2 におけるMSE D値、I/A値、THR値およびPARA値をまとめている。

【0022】1 ブランチに k 個のシンボルが割り当てられているときに、この k 個のシンボルによる組合せは全部で 2^{k+2} 通りが存在する。ブランチ変数の導出は次の手順に従う。まずレベル 1_1 と 1_2 からの各シンボルで共通に用いられている2ビットの値(00、01、10、11)に従って、 2^{k+2} 通りの組合せを各 2^k 通りの4グループ(A_1A_2 、 A_3A_4 、 B_1B_2 、 B_3B_4)に分ける。次に以上の各グループに対して、 k 個の3つ目のビット値の2進和は0となるものを1組(A_1 、 A_3 、 B_1 、 B_3)とし、1となるものを1組とする(A_2 、 A_4 、 B_2 、 B_4)。以上によって、各 2^{k-1} 通りの組合せを有する8組が得られ、これはブランチ変数となる。例として、 $k=4$ のときのブランチ変数を次に示す。

【0023】

【数5】

A_1	A_2	A_3	A_4
$\begin{Bmatrix} 0000 \\ 0044 \\ 0404 \\ 0440 \\ 4004 \\ 4040 \\ 4400 \\ 4444 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 0004 \\ 0040 \\ 0400 \\ 0444 \\ 4000 \\ 4044 \\ 4404 \\ 4440 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2222 \\ 2266 \\ 2626 \\ 2662 \\ 6226 \\ 6262 \\ 6622 \\ 6666 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 2226 \\ 2262 \\ 2622 \\ 2666 \\ 6222 \\ 6266 \\ 6626 \\ 6662 \end{Bmatrix}$
B_1	B_2	B_3	B_4
$\begin{Bmatrix} 1111 \\ 1155 \\ 1515 \\ 1551 \\ 5115 \\ 5151 \\ 5511 \\ 5555 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 1115 \\ 1151 \\ 1511 \\ 1555 \\ 5111 \\ 5155 \\ 5515 \\ 5551 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 3333 \\ 3377 \\ 3737 \\ 3773 \\ 7337 \\ 7373 \\ 7733 \\ 7777 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} 3337 \\ 3373 \\ 3733 \\ 3777 \\ 7333 \\ 7377 \\ 7737 \\ 7773 \end{Bmatrix}$

【0024】図3に実施形態1のレベル12を例にとつて、計算機シミュレーションによって得られた $k=2\sim 6$ のときのBER特性を示した。 k の増加に従ってBERは改善されていくことがわかる。 k が大きくなるにつれて、BERの改善量は小さくなる傾向が見られるが、これはPARA値の増加によるものだと考えられる。

【0025】なお、本発明の実施形態1における k に依存する各パラメータの計算値を下記の表に示す。

【0026】

【表1】

	MSBD (Q_1)	MSED (Q_2)	VA	THR	PARA
$K=2$	8.2	8	37%	1.36	2
$K=3$	12.3	12	28%	1.19	4
$K=4$	16.4	16	23%	1.11	8
$K=5$	20.5	20	19%	1.06	16
$K=6$	24.6	24	16%	1.02	32

【0027】図4に実施形態1の $k=6$ のときの各レベルのBER特性を示している。例えばレベル11と12に重要度の高いビットを載せ、他のレベルに重要度の低いビットを載せることにすると、同じ $BER=10^{-4}$ を得るのに重要度の高いビットは約3.4dB以上の少ない E_b/N_0 で済む。但し、 E_b/N_0 はデータビット当たりの信号対雑音比である。

【0028】以上、多重ブロック符号化変調方式独自によるUEPの取得する方法を説明したが、これからは、多重ブロック符号化変調方式と信号点配置を変化させることの結合によるUEPの取得する方法について述べる。ここで16-PSKを用いる1ブランチに2シンボルが割り当てられる多重ブロック符号化変調方式を実施形態2として用いる。この例の符号化器のビットマトリクスおよびシンボル生成法を図5に示す。

【0029】図5の符号構成の各符号レベルにおけるMSEDは以上と同じ方法で計算でき、次式に従う。

【0030】

【数6】

$$\left. \begin{aligned} d_E^2(\ell_1) &= 4 \times \sin^2(\pi/16) \times 16 \cong 2.4 \\ d_E^2(\ell_2) &= 4 \times \sin^2(\pi/8) \times 4 \cong 2.3 \\ d_E^2(\ell_3) &= d_E^2(\ell_5) = 2 \times 2 = 4 \\ d_E^2(\ell_4) &= d_E^2(\ell_6) = 4 \times 1 = 4 \end{aligned} \right\}$$

【0031】上の結果から、レベル11と12は他のレ

ベルよりも小さいMSEDを得ている。しかし、下位のレベルのBERは上位レベルに制限されるので、下位のレベルのMSEDで取得すべきBERを得るために、上位レベルで制限となる信号点間の距離を大きくする必要がある。このことを実現させるために、従来の信号点配置を図6に示すように非均一信号点配置にした。図6における角度 α を小さくすることによって、次の4つの信号点グループ $G_1 = \{0, 1, 2, 3\}$ 、 $G_2 = \{4, 5, 6, 7\}$ 、 $G_3 = \{8, 9, 10, 11\}$ および $G_4 = \{12, 13, 14, 15\}$ の間のレベル11と12におけるMSED（以下MSED-1と略す）は大きくなり、MSED-1を下位レベルのMSED値と同じ値にすることによって、下位レベルのMSEDで取得すべきBERが得られる。一方、この信号点操作によってグループ $G_1 \sim G_4$ の各グループ内のレベル11と12におけるMSED（以下MSED-2と略す）は小さくなり、その結果、レベル11と12におけるビットのBERは劣化してしまう。

【0032】図6の角度 α の値によらず、レベル13以下の符号レベルに対応する信号セットにおけるMSEDは変わらない。一方、レベル11と12に対応する信号セットのMSEDは角度 α に大きく依存する。レベル11と12における上記のMSED-1およびMSED-2は次式によって計算される。

【0033】

【数7】

$$\left. \begin{aligned} MSED-1(\ell_1) &= 4\sin^2\left(\frac{\pi}{4}-\frac{3\alpha}{2}\right) \times 16 \\ MSED-1(\ell_2) &= 4\sin^2\left(\frac{\pi}{4}-\alpha\right) \times 4 \\ MSED-2(\ell_1) &= 4\sin^2\left(\frac{\alpha}{2}\right) \times 16 \\ MSED-2(\ell_2) &= 4\sin^2(\alpha) \times 4 \end{aligned} \right\}$$

【0034】図6の信号点配置は角度 α が $\pi/8$ のとき従来の16-PSKとなるが、 α が $\pi/12$ のときレベル1₁と1₂における最小MSED-1は下位レベルのMSEDと同じ値になる。表2に実施形態2の α が $\pi/12$ のときのレベル1₁と1₂におけるMSED-1およびMSED-2の計算値を示す。表から両者のMSED-1の最小値4.0を得るために、MSED-2の値は数式6の2.3から1.1まで減少してしまうことがわかる。

【0035】

【表2】

	MSED-1 (Q ₁)	MSED-2 (Q ₁)	MSED-1 (Q ₂)	MSED-2 (Q ₂)
$\alpha = \pi/8$	2.4	2.4	2.3	2.3
$\alpha = \pi/12$	9.4	1.1	4.0	1.1

【0036】図7に実施形態2の $\alpha = \pi/8$ と $\pi/12$ のときの各符号レベルのBERの計算機シミュレーションの結果例を示す。 $\alpha = \pi/8$ のとき各符号レベルは近いBERを示しているのに対して、 $\alpha = \pi/12$ のとき符号レベル1₁及び1₂と他の符号レベルのBERは大きく異なる。BER=10⁻⁴のとき両者のE_b/N₀における差は約4.1dBである。

【0037】なお、本発明の実施形態2におけるMSED-1およびMSED-2の角度 $\alpha = \pi/8$ および $\pi/12$ のときの計算値は上記表2に示したとおりである。

【0038】実施形態2のUEPの作り出す方法におけるもう一つの特徴は少数のデータビットのBERを犠牲にすることによって、多数のデータビットのBERを大きくしたことである。上の例では、MSEDが大きくな

れるビットの全体のビットに占める割合は約79%である。

【0039】以上本発明における2通りの手法を実施形態1および実施形態2に基づいて説明したが、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した構成を変更しない限りどのようなにも実施できる。例えば、本実施形態1と実施形態2では、8-PSKと16-PSK等のMPSK変調信号について言及したが、ディジタル多値QAM等といった多くの変調方式についても、本発明の多重ブロック符号化変調に基づく不均一誤り保護方式は有効に作用する。

【0040】

【発明の効果】本発明の多重ブロック符号化変調に基づく不均一誤り保護方式によれば、伝送されるデータビット中の重要度の高いビットに対して、より容易に良いBER特性を与えることを可能にし、全体の伝送品質を改善することが期待でき、また、復号トレリス線図がブロック構造とトレリス構造を同時に有することを利用して、ビタビ復号を実現させながら、符号長をより短くすることができ、復号に要されるメモリ、計算を減らすことができる等、優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1における1ブランチkシンボルの多重ブロック符号化変調方式の符号化器のマトリクスおよびシンボル生成法を示す概念図である。

【図2】本発明の実施形態1における復号トレリス線図である。

【図3】本発明の実施形態1における符号レベル1₂のビット誤り率特性を示す特性図である。

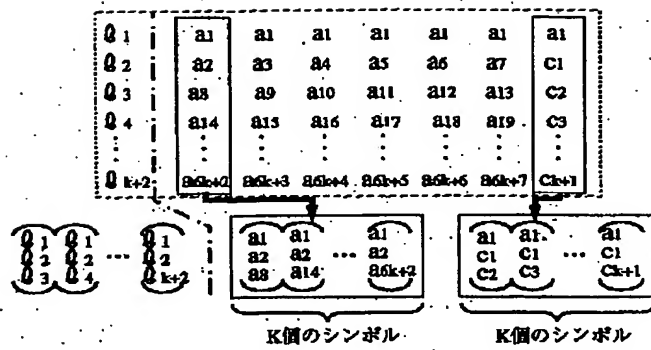
【図4】本発明の実施形態1における不均一誤り率特性を示す特性図である。

【図5】16-PSKを用いた1ブランチ2シンボル多重ブロック符号化変調方式の符号化器のマトリクスおよびシンボル生成法を示す概念図である。

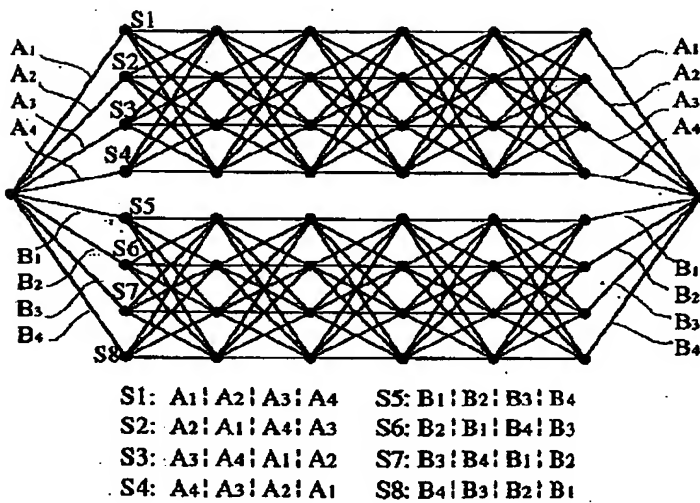
【図6】本発明の実施形態2における不均一16-PSK信号点配置図である。

【図7】本発明の実施形態2における不均一誤り率特性を示す特性図である。

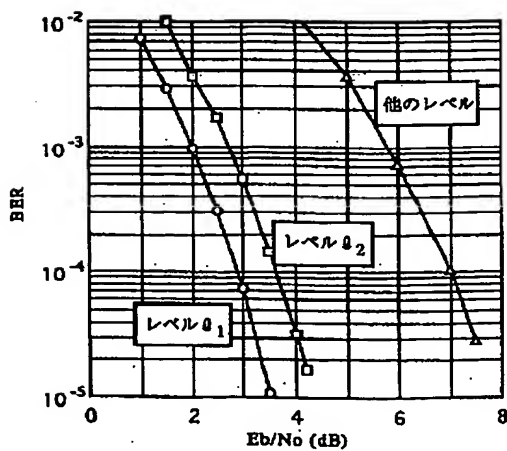
【図 1】



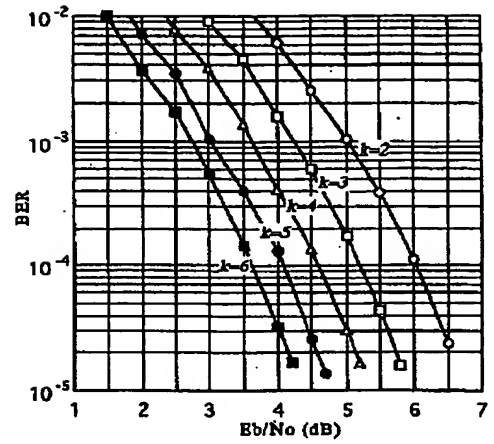
【図 2】



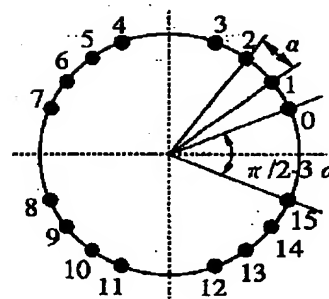
【図 4】



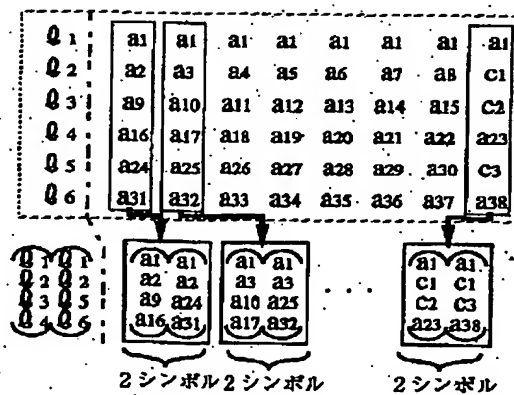
【図 3】



【図 6】



【図 5】



【図 7】

